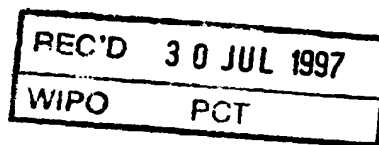


08/9  
**PRV**

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

PCT/SE 97/00891



**Intyg  
Certificate**

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

*This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.*



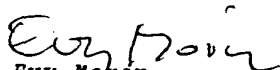
(71) Sökande                      Asea Brown Boveri AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    9602078-9  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum              1996-05-29  
Date of filing

Stockholm, 1997-06-24

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

  
Evy Morin

Avgift  
Fee

**PRIORITY DOCUMENT**

**PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN**

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

KN 8038 SE  
G L  
1996-05-22

5

10

Förfarande och kopplingsarrangemang för att minska problemen med tredjetonsströmmar som kan uppstå vid generator- och motordrift av växelströmsmaskiner kopplade till ett trefas distributions- eller transmissionsnät.

15

## TEKNISKT OMRÅDE

20 En spänning med en frekvens tre gånger nätfrekvens, nedan kallad tredje tonen, alstras på olika sätt i distributions- och transmissionsnät, nedan gemensamt kallat kraftnät. Denna spänning ger upphov till en tredjetonsström som ofta ställer till stora problem, dels för till kraftnätet anslutna apparater och don samt dels för de tredje tonsalstrande organen själva. Tredjetonsproblematiken är ofta direkt förknippad med hur anslutna organ är jordade. Eftersom det finns flera olika principer och bestämmelser för jordning i kraftnät medför detta också att metoderna för att minska inverkan av tredje tonen kan vara högst olika. Föreliggande uppfinning handlar om hur man vid generator- och motordrift av växelströmsmaskiner kan minska de problem med tredjetonsströmmar som kan uppstå vid sådan drift. Uppfinningen utgöres av ett förfarande och kopplingsarrangemang för att åstadkomma detta.

35

## TEKNIKENS STÅNDPUNKT, PROBLEMET

Vid beräkning och konstruktion av trefasiga växelströmsmaskiner strävar man normalt efter att få så symmetriska och sinusformade storheter som möjligt. När det gäller dessa maskiners statorlindningar kan de vad uttag beträffar vid tillverkningen kopplas på flera olika sätt. Hos vissa maskiner kopplas statorlindningarna i  $\Delta$ , hos andra i Y-koppling där den s k neutralpunkten ibland ej dras ut ur maskinen. Hos de maskiner som är aktuella i samband med denna uppfinning är trefaslindningen Y-kopplad och lindningens samtliga ändar inklusive neutralpunkten är utdragna ur maskinen.

45

För att få ett ekonomiskt utnyttjande av den elektromagnetiska kretsen vid vanligtvis förekommande växelströmsmaskiner alstras en tredjetons emk som överton till grundtonens emk.

5

Det är väl känt, att man kan välja statorlindningens kordning så att någon eller några övertoner elimineras. Det är också väl känt beträffande synkrona vs-maskiner med utpräglade poler, att man dessutom kan påverka och förbättra kurvformen i dessa maskiners emk genom att välja utförandet av rotorpolerna, och då speciellt polplattornas form på lämpligt sätt.

10

Att helt eliminera tredje tonen i spänningen genom att välja en lämplig storlek på lindningssteget innebär dock en kraftig reduktion, med ca 14%, av den för momentproduktion tillgängliga grundtonsspänningen. Detta innebär således endast 86% utnyttjande av den möjliga märkeffekten. För att inte få denna reduktion användes lindningsteget mest för att reducera femte tonen varvid reduktionen bara blir några procent. Anpassning av polplattans form används ofta för att kostnadseffektivt sänka sjundetonsspänningen. Att eliminera eller reducera tredjetonsspänningens/-strömmens skadliga effekter måste därför ske med andra metoder.

15

20

När det gäller att ansluta en generator till ett befintligt kraftnät kan man i regel inte fritt välja generatorns jordning eftersom denna i stort är bestämd av det befintliga kraftnätets jordningsmetod. När det gäller jordning av generatorer finns det dock tre viktiga kriterier som bör innehållas, nämligen:

25

30 -kraftnätet bör inte vara ojordat

-en tredjetonsström genom såväl generator som övrigt ansluten utrustning måste av flera skäl begränsas

35 -generatorn kan/får inte direktjordas

Om man kopplar neutralpunkten till kraftnätets jord via en relativt höghög impedans kan metoden pågå att en eventuell jordfelsström blir låg inte utnyttjas för utlösning av jordfel i nätet. En sådan metod löser därför inte tredjetonsproblematiken.

40

Genom att ansluta neutralpunkten direkt eller via en lämplig impedans till kraftnätets jord så medger detta dock att den aktuella vs-maskinen bidrar till att lämpliga storlekar på nollföljdsimpedansen erhålles för att kunna hantera de felutstånd som kan uppstå i det elektriska systemet.

45

En förutsättning i detta sammanhang är att vissa kriterier bör innehållas beträffande maskinernas nollföljdsimpedans  $R_0 + jX_0$  och plusföljdsreaktans  $X_+$ . Dessa kriterier anges ofta som följande olikheter och säger att

5

$$X_0/X_+ < 3 \quad \text{och} \quad R_0/X_+ < 1$$

10 Dessa olikheter kan i övrigt tolkas så att vid ett jordfel på en fas kan spänningshöjningen på de felfria faserna relativt jord begränsas till det ur isolationskoordineringssynpunkt ekonomiska värdet 80 % av vad som skulle ha uppstått om ovanstående kriterier inte hade innehållits.

15 Nackdelen med en direkt anslutning av neutralpunkten till kraftnätets jord är att om spänningarna innehåller en tredje ton, så börjar det flyta en tredjetonsström i fasledarna som sluter sig genom jorden och/eller jordledarna. Det kan omnämnas att det inte finns bestämmelser som förbjuder ett sådant arrangemang och att det finns sådana anläggningar i drift.

20

När det gäller lågspända kraftnät så finns det i dag i de flesta nät tredjetonsströmmar som sluter sig i nolledaren och orsakar både termiska och akustiska problem. Uppkomsten av och ett sätt att reducera inverkan av dessa tredjetonsströmmar skall beskrivas nedan.

25

När det gäller att begränsa tredjetonsspänningens och tredjetonsströmmens skadliga inverkan finns det förutom direktjordning eller jordning via lämpliga impedanser av neutralpunkten ett antal andra metoder.

30

35 En relativt vanlig metod för jordning är att ansluta ett höghohmigt motstånd till en punkt i kraftnätet som alltid är inkopplat. Detta kan ske med hjälp av en Z/O-kopplad transformator ansluten till nätet. För att kunna få erforderliga selektiva jordfelsskydd bör dock motståndet vara dimensionerat så att man får minst 15 A jordfelsström vid full nollpunktsspänning.

40 En annan vanlig metod för att hantera tredjetonsproblematiken för generatoranläggningar där neutralpunkten är tillgänglig och som dessutom har klara fördelar avseende begränsning av felström vid ett jordfel i generatorn framgår av bifogade figur 1. En generator 1 har neutralpunkten 2 via en impedans 3, ofta ett nollpunktsmotstånd dimensionerat för en jordfelsström på några ofarliga tiotal ampere, ansluten till distributionsnätets jord 4. Ett jordfel i generatorn kan 45 således ge en jordfelsström via impedansen och genom att ha kontroll på jordfelsströmmen kan åtgärder vidtagas för att koppla bort generatorn

eller eventuellt en felbehäftad fas. Generatorns fasspänningar kopplas till en  $\Delta/Y-0$  kopplad s k "stepup transformator" 3 som måste dimensioneras för full effekt även om man inte skulle behöva ändra spänningsnivån. Ett jordfel i transformatorns  $\Delta$ -koppling begränsas på samma sätt som för ett jordfel i generatorns lindningar till ett tiotal ampere. De tredjetonsspänningar som generatorn är behäftad med ger en tredjetonsström via nollpunktmotståndet till jord.

Tredjetonsspänningen överlagras på  $\Delta$ -lindningens fasspänningar men kan inte driva någon tredjetonsström. Detta innebär att man på Y-sidan av transformatorn, dvs på kraftnätsidan 5, inte känner av någon tredjetonsström. I figur 1 har utelämnats nödvändig hjälpkraftsinmatning från nätet samt generatorns fältmatning. Som det i övrigt framgår av figuren behövs strömmätanordningar 6 och 7 för jordfelsströmmen samt för generatorns avgivna ström. På generatorsidan behövs dessutom både frångiljare och brytare 8. För stepuptransformatorn behövs både strömmätning 9 och 10 för inkommande samt utgående ström. Vid stepuptransformatorns ingångssida behövs dessutom ett överspänningsskydd 11. Nätsidan jordas sedan i vanlig ordning via Y-sidans neutralpunkt. Även här behövs en strömmätanordning 12. På nätsidan behövs sedan i vanlig ordning både frångiljare och brytare 13.

Av det ovan framförda är det uppenbart att när det gäller högre spänningar är tredjetonsfrågan ett problem som inte är tillfredsställande löst.

Som omtalat ovan finns det i lågspända distributionsnät en påtaglig och svåråtkomlig tredjetonsström. Detta hänger i hop med att moderna lysrörsarmaturer, tyristorstyrningar och nätaggregat olinjärt lastar eller hackar sönder nätspänningen. Dessa störningar påverkar andra apparater, skapar effektförluster och kan påverka elöverkänsliga personer. Störningarna har en utpräglad tredjetonskaraktär. För att minska störningarna finns ett filter som beskrivs i ERA 8:1994, sid 26, och som sätts in i nollledaren och innebär att effekten av de skadliga tredjetonsstörningarna på anslutna apparater drastiskt kan minskas.

## REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN, FÖRDELAR

För att kunna bemästra de problem som uppstår med tredjetonsspänningar vid direktanslutning av växelströmsmaskiner till ett trefas kraftnät, dvs då det inte finns någon transformator mellan växelströmsmaskinen och trefasnätet, används enligt uppfinningen ett speciellt förfarande och ett kopplingsarrangemang som innefattar att ett till tredje grundtonen avstämt spärfilter kopplas mellan neutralpunkten i den Y-kopplade växelströmsmaskinen och kraftnätets jord, eventuellt

via ett mycket lågohmigt motstånd. Filtret innefattar en parallell-  
resonanskrets bestående av en reaktor med en grundtonsreaktans  $X_L$   
kopplad i parallell med en kapacitiv reaktans med grundtonsvärde  $-jX_C$ .  
Förhållandet mellan reaktanserna för att erhålla parallellresonans för  
5 tredjetonen blir följaktligen

$$3 X_L = X_C/3$$

För att begränsa spänningen över filtret till ekonomiska värden ingår  
10 som en integrerad del av filtret ett konventionellt överspänningsskydd  
som kopplas över parallellresonanskretsen. Ett på detta sätt kopplat  
överspänningsskydd begränsar också spänningen i neutralpunkten till  
sådana värden att trappad isolering kan nyttjas i statorlindningen. Detta  
är viktigt speciellt vid mycket högapända växelströmsmaskiner.

15 Dimensioneringen av filtret och dess överspänningsskydd skall vara  
sådan att parallellkretsen förmår att under normal drift linjärt ta upp  
tredjetonsspänningen från växelströmsmaskinen. Vid felfall skall  
överspänningsskyddet begränsa felfspänningen så att felströmmen får  
20 flyta genom överspänningsskyddet om felet är betydande.

Det finns ett flertal betydande fördelar med ett arrangemang enligt  
uppfinningen. Som det bl a framgår av bifogade figur 2, som visar en  
utföringsform av uppfinningen, elimineras stepuptransformatorn samt  
25 dithörande strömmätanordningar och brytare och fränskiljare.

Eftersom filtret enbart kommer att belastas av nollföljdsstorheter och  
även om det kommer att uppstå en stor cirkulerande tredjetonsström  
resonant i filtret kommer filtrets typeffekt att vara väsentligt lägre än  
30 typeffekten för stepuptransformatorn. Detta innebär att en lösning på  
tredjetonsproblematiken enligt uppfinningen kommer att bli väsentligt  
mindre kostnadskrävande än en lösning enligt teknikens ståndpunkt.

### 35 RITNINGSFÖRTECKNING

Figur 1 visar ett exempel på hur man enligt teknikens ståndpunkt förfar  
för att hantera tredjetonsproblematiken hos växelströmsmaskiner med  
anslutning till ett trefas kraftnät. Lösningen innefattar användning av en  
40 stepup transformator kopplad i  $\Delta/Y-0$ .

Figur 2 visar hur tredjetonsproblematiken bemästras enligt  
uppfinningen med hjälp av ett tredjetons spärrfilter mellan  
växelströmsmaskinens neutralpunkt och kraftnätets jord.  
45

Figur 3 och 4 visar alternativa utföringsformer av ett tredjetons spärrfilter enligt uppfinningen.

## 5 BESKRIVNING AV UTFÖRINGSFORMER

En utföringsform av uppfinningen framgår av figur 2.

- Hänvisningssiffrorna 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 11 och 13 hänför sig till motsvarande enligt figur 1. På figur 2 visas även det integrerade filtret 14 med en parallellresonanskrets bestående av en reaktor 14 i parallell med en kapacitans 16 och över vilken krets ett överspänningsskydd 17 är kopplat.

- Eftersom filtret i princip skall ta upp spänning utan att reaktorn går i mättning är det väsentligt att avstämningen till tredje tonen måste göras noggrant och förbli stabil. Med en konventionell reaktor kan det i vissa fall bli svårt att kunna få den tillräckliga och önskade noggrannheten. Inom ramen för uppfinningen finns därför också utföringsformer som säkerställer filtrets spärrfrekvens till tre gånger den aktuella nätfrekvensen.

- En sådan utföringsform framgår av figur 3. Här används en reaktor 18 som utförs som en elektroniskt styrbar reaktor med styrlindningar 19. En sådan reaktor är bl a känd från en artikel "A test installation of a self-tuned ac filter in the Konti-Skan 2 HVDC link", publicerad vid IEEE/KTH Stockholm Power Tech Conference, Stockholm, June 18-22, 1995. Med en sådan reaktor kan resonansfrekvensen upprätthållas även vid smärre fel i kondensatordelen av filtret och bli oberoende av temperaturvariationer m m. Att använda en styrbar reaktor innebär dock att filtret måste innefatta någon form av mätning av nätfrekvens alternativt tredjetonens frekvens och en reglerkrets som via sitt verkställande organ och styrlindningen ser till att resonanskretsens spärrfrekvens motsvarar tredjetonen.

- En annan utföringsform som säkerställer rätt spärrfrekvens framgår av figur 4. Här introduceras i reaktorgrenen av spärrfiltret en spänningskälla 20 som med hjälp av en regulator 21 alstrar en regler-spänning. Ström genom en reaktor innebär alltid ett visst ohmsk spänningsfall. Genom att mäta strömmen  $I$  i reaktorgrenen kan med kännedom om reaktorns resistans regulatorn programmeras så att regler-spänningen kompenserar reaktorns ohmska spänningsfall. Genom att mäta nätfrekvensen  $f$  kan dessutom regulatorn programmeras så att regler-spänningen blir sådan att filtrets spärrfrekvens motsvarar tredjetonen. Den reglereffekt som behövs erhålls via regulatorn från nätet.

## PATENTKRAV

1. Förfarande för att minska inverkan av tredjetonsspänningar vid  
5 direktanslutning av växelströmsmaskiner (1) till ett trefas distributions-  
eller transmissionsnät (5), där växelströmsmaskinens statorlindning är  
Y-kopplad och där lindningens neutralpunkt (2) är tillgänglig, vilket  
förfarande k ä n n e t e c k n a s av att ett till tredjetonen avstämt  
10 spärrfilter (14) med överspänningsskydd (17) kopplas mellan  
neutralpunkten och distributions- eller transmissionsnätets jord (4).
2. Kopplingsarrangemang för att genomföra förfarandet enligt  
patentkrav 1 för att minska inverkan av tredjetonsspänningar vid  
15 direktanslutning av växelströmsmaskiner (1) till ett trefas distributions-  
eller transmissionsnät (5), där växelströmsmaskinens statorlindning är  
Y-kopplad och där lindningens neutralpunkt (2) är tillgänglig,  
k ä n n e t e c k n a t av att ett till tredjetonen avstämt spärrfilter (14)  
med ett överspänningsskydd (17) är anordnat mellan neutralpunkten (2)  
20 och distributions- eller transmissionsnätets jord (4).
3. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a t av  
att det till tredje tonen avstämda spärrfiltret innefattar en parallell-  
resonanskrets bestående av reaktor (15) kopplad i parallell med en  
kapacitiv reaktans (16) och att parallellt med parallellresonanskretsen är  
25 kopplat ett överspänningsskydd (17).
4. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 2 och 3,  
k ä n n e t e c k n a t av att reaktorn är utformad som en reglerbar  
reaktor (18) som via en styrlindning (19) påverkar det till tredjetonen  
30 avstämda spärrfiltrets frekvens så att det motsvarar tre gånger den  
aktuella nätfrekvensen.
5. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 2 och 3,  
k ä n n e t e c k n a t av att i serie med reaktorn (15) i filtrets  
35 reaktorgren är inkopplad en regler-spänning (20) som styrs från en  
regulator (21) så att regler-spänningen kompenserar reaktorns ohmska  
spänningsfall och/eller påverkar det till tredjetonen avstämda  
spärrfiltrets frekvens så att det motsvarar tre gånger den aktuella  
40 nätfrekvensen.
6. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a t av  
att ett lågohmigt motstånd (3) är anordnat mellan distributions- eller  
transmissionsnätets jord (4) och det till tredjetonen avstämda spärrfiltret  
45 (14).



KN 8038 SE

GL

5 1996-05-22

10

15

## SAMMANDRAG

20

Kopplingsarrangemang för att minska inverkan av tredje tonsspänningar vid direktanslutning av växelströmsmaskiner (1) till ett trefas distributions- eller transmissionsnät (5), där växelströmsmaskinens statorlindning är Y-kopplad och där lindningens neutralpunkt (2) är

25

tillgänglig, bestående av ett till tredje tonen avstämt spärrfilter (14) med ett överspänningsskydd (17) anordnat mellan neutralpunkten (2) och kraftnätets jord (4) (Fig 2).

1/1

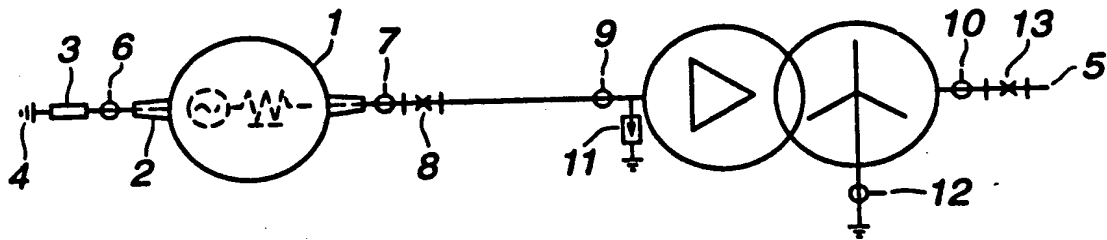


Fig. 1

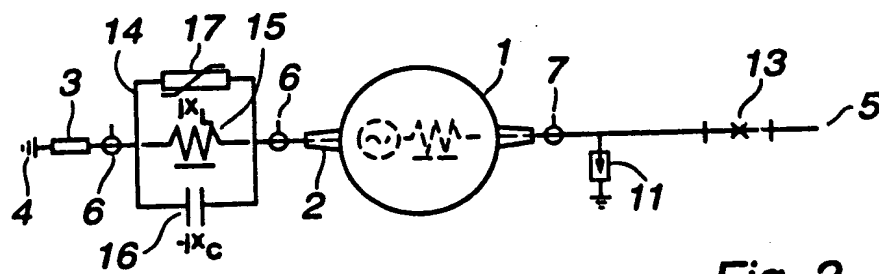


Fig. 2

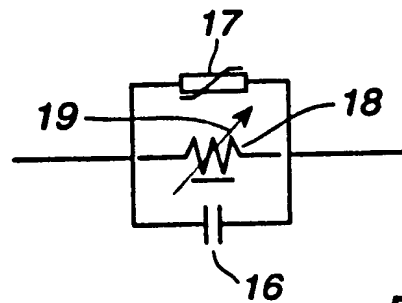


Fig. 3

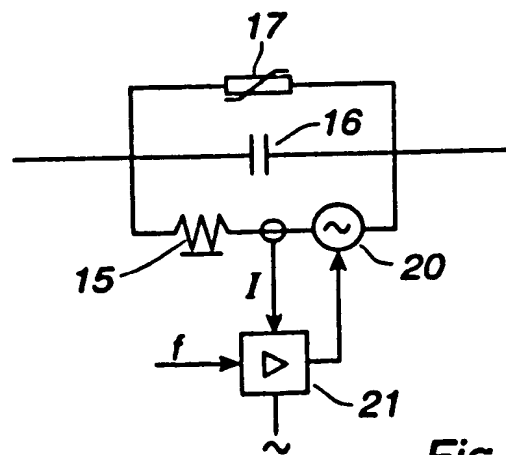


Fig. 4